BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公表特許公報（Ａ）　(11)特許出願公表番号

特表平8－500699

(43)公表日　平成８年(1996)１月23日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ
Ｈ０５Ｈ　1/54		9216－2G	
Ｆ０３Ｈ　1/00	Ｚ	8816－3D	

審査請求　未請求　　予備審査請求　未請求(全 37 頁)

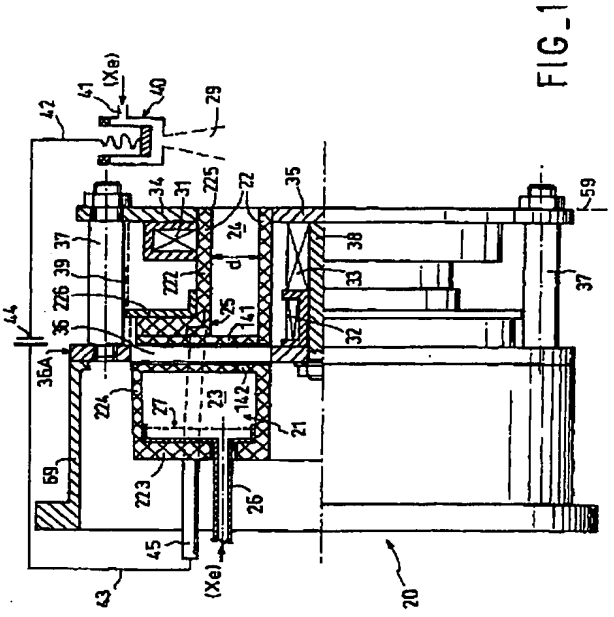
(21)出願番号　特願平7－502490
(86)(22)出願日　平成５年(1993)６月21日
(85)翻訳文提出日　平成７年(1995)２月17日
(86)国際出願番号　ＰＣＴ／ＦＲ９３／００６１２
(87)国際公開番号　ＷＯ９５／００７５８
(87)国際公開日　平成７年(1995)１月５日
(81)指定国　ＥＰ(ＡＴ，ＢＥ，ＣＨ，ＤＥ，ＤＫ，ＥＳ，ＦＲ，ＧＢ，ＧＲ，ＩＥ，ＩＴ，ＬＵ，ＭＣ，ＮＬ，ＰＴ，ＳＥ)，ＣＡ，ＪＰ，ＫＺ，ＲＵ，ＵＡ，ＵＳ

(71)出願人　ソシエテ・ユーロペーヌ・ドゥ・プロプルシオン
フランス　エフ―92150　シュレネ、リュ・サロモン・ドゥ・ロトシルド　24番
(72)発明者　ヴァランティアン、ドミニク
フランス　エフ―78710　ロズニー、ルトゥ・ナショナル　119番
(72)発明者　モロゾフ、アレクセイ
ロシア　123098　モスクワ、アパルトマン84、マーシャル・ノビロフ　７番
(74)代理人　弁理士　青山　葆　(外１名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　閉鎖電子ドリフトを持つ長さの短いプラズマ加速器

(57)【要約】
プラズマ加速器の主チャネルに磁界を発生する手段（３１～３３、３４～３８）は、主チャネル（２４）の下流端（２２５）に基本的に半径方向の磁界を発生し、この位置で誘導が最大となる。磁界は陽極（２５）近傍の遷移領域において最小誘導を有し、磁界の絶対誘導値は、バッファチャンバ（２３）の領域において陽極（２５）の上流に向かって再び増加して磁気ミラー効果を生み出す。磁力線は、陽極（２５）とチャネル（２４）の下流端（２２５）との間に下流に向かう凹部を持つことにより、イオンを集中させるとともに、最大イオン化密度の領域は陽極（２５）の下流に位置する。磁界発生手段は、いくつかの別々の磁界発生手段（３１～３３）と、主チャネル（２４）の両側でその外面に配置されるとともに中央磁心（３８）により互いに連結された半径方向に延びる平坦な内側及び外側磁極片（３５、３４）と、ヨーク（３６）と、主チャネル（２４）の外側で軸方向に配置された周辺磁気回路（３７）を備えている。ヨーク（３６）は、陽極（２５）のすぐ近傍に位置するとともに環状バッファチャンバ（２３）を貫通する半径方向



【特許請求の範囲】

1．絶縁材の部材（２２）によって形成され、下流側端部（２２５）が開口したイオン化および加速のための主環状チャネル（２４）と、該主環状チャネル（２４）の下流部に隣接し、その外側に配置された少なくとも１つの中空陰極（４０）と、主環状チャネル（２４）と同心であって、開口した下流側端部（２２５）からある距離を置いて配置された環状陽極（２５）と、中空陰極（４０）および環状陽極（２５）にそれぞれ対応付けられ、イオン化ガスを供給する第１および第２手段（４１、２６）と、主環状チャネル（２４）内に磁界を形成する磁気手段（３１～３３、３４～３８）と、半径方向の寸法が主環状チャネル（２４）と少なくとも等しく、環状陽極（２５）が配置された領域を超えて上流に延びる環状バッファチャンバ（２３）とを備え、イオン化ガスを供給する第２手段（２６）が、陽極（２５）が設けられた領域とは異なる領域において、陽極（２５）の上流で環状バッファチャンバ（２３）に開口した閉鎖電子ドリフトを持つ長さの短いプラズマ加速器において、

主チャネル（２４）に磁界を形成する手段（３１～３３、３４～３８）は、チャネル（２４）の下流端で基本的に半径方向の磁界を生成するとともに、上記磁界はこの位置で最大誘導を有する一方、陽極（２５）近傍に位置する遷移領域において最小誘導を有し、上記磁界の誘導の絶対値はバッファチャンバ（２３）の位置における陽極（２５）の上流で再び増加して磁気ミラー効果を生み出し、上記磁界は陽極（２５）とチャネル（２４）の下流端（２２５）との間に下流に向かって凹部を持つことによりイオンを集中させるとともに、陽極（２５）の下流の領域は最大イオン化密度を有し、磁界を形成する手段は、複数の別々の磁界形成手段（３１～３３）と、主チャネル（２４）の両側でその外面と同一レベルに配置されるとともに中央磁心（３８）により互いに連結された半径方向に延びる平坦な内側及び外側磁極片（３５、３４）と、ヨーク（３６）と、主チャネル（２４）の外側で軸方向に配置された周辺磁気回路（３７）とを備え、ヨーク（３６）は、陽極（２５）のすぐ近傍に位置するとともに環状バッファチャンバ（２３）内に

貫通する半径方向部材からなり、環状バッファチャンバ（２３）と主チャネル（２４）との連通スペース（１３）が半径方向部材の間に形成されていることを特徴とするプラズマ加速器。

２．バッファチャンバ（２３）の半径方向寸法が、主チャネル（２４）の半径方向寸法の１倍から２倍であることを特徴とする請求項１に記載のプラズマ加速器。

３．別個の磁界形成手段（３１～３３）が、主チャネル（２４）の下流側端部（２２５）に近接してその周囲の外側に配置された第１手段（３１）と、磁気ミラー効果を生み出すため、陽極（２５）に面しかつ部分的にバッファチャンバ（２３）に延在する領域において中央磁心（３８）の周囲に配置された第２手段（３２）と、該第２手段（３２）と主チャネル（２４）の下流側端部（２２５）との間で中央磁心（３８）の周囲に配置された第３手段（３３）を備えたことを特徴とする請求項１に記載のプラズマ加速器。

４．第１、第２、および第３磁界形成手段（３１、３２、３３）が誘導コイルによって構成されたことを特徴とする請求項３に記載のプラズマ加速器。

５．バッファチャンバ（２３）が複数の袋体を備え、該袋体は、陽極（２５）の近傍で加速チャネル（２４）に開口し、加速器の軸の周囲に配列されるとともに、仕切りで分離されており、該仕切りは、加速器の軸に平行で、袋状のバッファチャンバ（２３）を貫通することなくヨーク（３６）を構成する円筒状磁気バーの通路（４２３）を隣接する袋体の間に形成していることを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

６．袋状のバッファチャンバ（２３）が一体的に形成されていることを特徴とする請求項５に記載のプラズマ加速器。

７．ヨーク（３６）が、環状チャンバ（２３）を貫通する円筒状磁気バーにより構成される半径方向部材を備えたことを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

８，磁気バー（３６）が、二つの部分からなるシース（１４１、１４２）により電気的に絶縁された金属バーから構成され、上記一つの部分は主チャネル（２

4）の壁（２２）とバッファチャンバ（２３）の壁（２２４）にそれぞれ取り付けられていることを特徴とする請求項７に記載のプラズマ加速器。

９．磁気バー（３６）がその円周方向外端で、加速器を衛星構造体に固定するための構造部材を構成する連続的な磁気リング（３６Ａ）により互いに連結されていることを特徴とする請求項７または８に記載のプラズマ加速器。

１０．磁気バー（３６）が、上記中央磁心（３８）および主チャネル（２４）の軸方向外側に配置された上記周辺磁気回路（３７）をそれぞれ構成するフェライト部材（３７ｂ、３８ｂ）により地面と電気的に絶縁された金属バーで構成されるとともに、磁気バー（３６）を陽極（２５）と同電位にしたことを特徴とする請求項７に記載のプラズマ加速器。

１１．磁気バー（３６）が、これらをバッファチャンバ（２３）内に直接取り付けることができる絶縁フェライト材料により構成されていることを特徴とする請求項７に記載のプラズマ加速器。

１２．周辺磁気回路（３７）が、半径方向における外側磁極片（３４）とヨーク（３６）との間に設けられた１組の接続バーからなることを特徴とする請求項７ないし１０のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

１３．周辺磁気回路（３７）が外殻により構成されていることを特徴とする請求項１ないし１１のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

１４．ヨーク（３６）が、バッファチャンバ（２３）と主チャネル（２４）の軸に実質的に垂直な面における半径方向に延在するバーからなる請求項１ないし１２のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

１５．ヨーク（３６）が、小断面端部が中央磁心（３８）に接続された截形円錐の母線に沿って半径方向に延在するバーからなり、上記截形円錐の大断面端部は周辺磁気回路（３７）に接続されるとともに、その軸が、バッファチャンバ（２３）と主チャネル（２４）の軸と実質的に一致していることを特徴とする請求項１ないし１２のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

１６．ヨーク（３６）が、小断面端部が中央磁心（３８）に接続され、大断面端部が周辺磁気回路（３７）を構成する外殻（３７ａ）に接続された円錐台状の

フェライト部材からなり、該円錐台状部材の軸方向に形成されたチャネル（１３６）が、環状バッファチャンバ（２３）と主チャネル（２４）との間の連通スペースを構成していることを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

１７．イオン化ガスを供給する第２手段（２６）が、環状マニホルド（２７）を介して陽極（２５）の上流の環状バッファチャンバ（２３）に開口していることを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

１８．環状マニホルド（２７）が、袋状のバッファチャンバ（２３）の異なる袋体に開口する音速噴射口（１２７）と協働していることを特徴とする請求項５及び１７に記載のプラズマ加速器。

１９．イオン化ガスを供給する第２手段（２６）が、一つの音速噴射口（２２７）を介して陽極（２５）の上流の環状バッファチャンバ（２３）に開口するとともに、上記音速噴射口がバッファチャンバの最大径に沿って接線方向に取り付けられて渦を発生させることを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

２０．中空陰極（４０）が、中央円筒磁心（３８）の内部で加速器の軸に沿って配設されるとともに、超断熱スクリーン（１４０）により上記中央磁心（３８）から断熱されていることを特徴とする請求項１ないし１９のいずれか１項に記載のプラズマ加速器。

【発明の詳細な説明】

閉鎖電子ドリフトを持つ長さの短いプラズマ加速器

技術分野

本発明は、特に宇宙推進に適用されるプラズマ加速器に関し、さらに詳しくは、定常プラズマ（stationary plasma）加速器として、また米国では「ホール電流加速器」としても知られる閉鎖電子ドリフト型のプラズマ加速器に関する。

従来技術

電子加速器は基本的には宇宙推進用として使用される。これらは、イオン源またはプラズマ源として、特にイオン加工など、地上用としても使用される。その高い比推力（１５００秒～６０００秒）のために、これらは、化学推進力を利用する加速器に比べて、衛星の質量をかなり節約することができる。

この種の加速器の典型的な用途の一つは静止衛星の南北制御であり、これによって１０％から１５％の質量節約が可能になる。これらは、低軌道における抗力の補償、ヘリオシンクロナス軌道（heliosynchronous orbit）の維持、および主惑星間推進にも使用することができる。

イオンスラスタは、幾つかのカテゴリに分類することができる。

第１の種類のイオンスラスタは、カウフマン加速器としても知られ、イオン化が衝撃によって行なわれる加速器によって構成される。この種のスラスタの例は特に、ＥＰ—Ａ—０１３２０６５号公報（ＷＯ８９／０５４０４）、およびＥＰ—Ａ—０４６８７０６号公報に記載されている。

衝撃によるイオン化を利用する加速器では、推力気体の原子を低圧で放電室に注入し、そこで中空陰極によって放射され陽極によって捕集される電子に衝突させる。イオン化プロセスは、磁界によって増大される。特定数の原子—電子衝突はプラズマを発生させ、そのイオンはプラズマの電位に対し負の電位である加速電極（出口格子）によって引き付けられる。電極はイオンを集中させて加速し、加速されたイオンは、広く拡散した状態でスラスタから放射する。次に、イオン放射は、「中和器」として知られる外部中空陰極から放射される電子流によって

中和される。

この種のスラスタから得られる比推力（I_{sp}）は３０００秒台以上である。

電力要件は、推力１ｍＮ当たり３０Ｗ台である。

別の種類のイオン化加速器は、高周波イオン化を使用する加速器、接触によるイオン化を利用する加速器、または電界放出加速器によって構成される。

衝突によるイオン化を利用する加速器を含むこれらの様々なイオン化加速器は、イオン化機能とイオン加速機能とが明確に分離されているという共通する特徴を持つ。

これらはまた、イオン光学系（ion optics）における電流密度が空間電荷現象によって制限され、衝突によるイオン化を利用する加速器では、その密度は実際問題として２ｍＡ／ｃｍ^2ないし３ｍＡ／ｃｍ^2に制限され、したがって単位面積当たりの推力がかなり低くなるという事実を共有する。

さらに、こうした加速器、特に衝突加速器は、特定数の電気供給（４～１０の範囲）を必要とし、そのために変換および制御用の多少複雑な電子回路を実現しなければならない。

定常プラズマエンジン（ＳＰＤ）の開発計画および「メテオール」衛星を使用して行われた試験に関するL.H.ARTSIMOVITCHらによる１９７４年の論文は、定常プラズマ加速器としても知られる閉鎖電子ドリフト型の加速器を開示しており、これらは、イオン化と加速が区別されず、加速化領域に同数のイオンと電子を含み、それによって空間電荷現象を除去することができるという点で、他のカテゴリの加速器とは異なる。

L.H.ARTSIMOVITCHらによる上述の論文に提案された閉鎖電子ドリフト加速器について、以下図２を参照して説明する。

絶縁材の部材２によって形成された環状チャネル１が電磁石内に配置され、この電磁石は、絶縁材の部材２の外側および内側にそれぞれ配置された外側および内側環状磁極片３、４と、加速器の上流に配置された磁気ヨーク１２と、環状チャネル１の全長にわたって延在し、外側磁極片３をヨーク１２に接続する磁心１０の周囲に直列に接続された電磁コイル１１を備えている。接地された中空陰極

はキセノン供給装置に結合され、チャネル１の下流側出口の前でプラズマ雲を形成する。例えば３００ボルトの電源装置の正極に接続された環状陽極５は、環状チャネル１の閉鎖上流部に配置されている。熱および電気絶縁体８と協働するキセノン注入管６は、環状陽極５に近接して配置された環状分配チャネル９内に開口している。

イオン化電子および中和化電子は、中空陰極７から供給される。イオン化電子は、陰極７から供給されるプラズマの雲と陽極５の間に存在する電界によって、絶縁環状チャネル１に引き付けられる。

電界Ｅとコイル１１によって形成された磁界Ｂの影響下で、イオン化電子は、チャネル内の電界を維持するために必要な方位ドリフト軌道（azimuth drifttrajectory）に従う。

イオン化電子は次に、絶縁チャネル内の閉鎖軌道をドリフト移動して回る。この加速器の名前はこれに由来する。

電子のドリフト運動は、電子と中性原子の衝突の確率をかなり増加し、この衝突がイオン（この場合はキセノン）を発生させる現象である。

キセノンで作動する従来の閉鎖電子ドリフトを持つイオン加速器から得られる比推力は、１０００秒ないし２５００秒台である。

従来の閉鎖電子ドリフトを持つイオン加速器では、イオン化領域が形成されておらず、その結果、これらはキセノンでしかよく作動せず、ジェットは拡散し（ビームは±２０度以上の角度に広がり）、効率は約５０％に限定される。

さらに、ジェットの拡散は、通常アルミナと窒化ほう素の混合物である絶縁チャネルの壁の摩耗を引き起こす。

このようなエンジンの寿命は、約３０００時間である。

雑誌「ソビエト専門物理学（Soviet Physics Technical Physics），Vol.21, No.8,pp.987－988」において、１９７６年８月にV.N.Dem'Yanenko、L.P.Zudkov及びA.I.Morozovにより発表された「開放単レンズホール電流加速器」というタイトルの論文には特に、陽極の二つの機能は、円筒陽極を使用する一方、環状ガス分配器を使用することにより分離できることが提案されている。このようにす

ることにより、イオン化ガス流を陽極の近くに均一に分配することが可能となる。陽極と環状ガス分配器はバッファチャンバにより分離され均質化を達成する。しかしながら、上記論文に開示されているプラズマ加速器は、高放電圧のパルスモードで作動するが、一般的に宇宙推進用としてはあまり適していない。

発明の目的および概要

本発明の目的は、公知のプラズマ加速器の欠点を矯正することであり、さらに詳しくは、その技術的特性が向上するように、特に、例えば衝突を利用したイオン加速器で起こる空間電荷を発生することなく、イオン化領域がよりよく形成されるように、閉鎖電子ドリフトを持つプラズマ加速器を改良することである。

本発明はまた、ジェットの拡散を減少し、イオンジェットの密度、その電気効率、比推力、および寿命を増大することを目的とする。

本発明の別の目的は、エンジンの質量と寸法を減少することである。

これらの目的は、閉鎖電子ドリフトを持つ長さの短いプラズマ加速器により達成され、この加速器は、絶縁材の部材によって形成され、下流側端部が開口したイオン化および加速のための主環状チャネルと、該主環状チャネルの下流部に隣接し、その外側に配置された少なくとも１つの中空陰極と、主環状チャネルと同心であって、開口した下流側端部からある距離を置いて配置された環状陽極と、中空陰極および環状陽極にそれぞれ対応付けられ、イオン化ガスを供給する第１および第２手段と、主環状チャネル内に磁界を形成する磁気手段と、半径方向の寸法が主環状チャネルと少なくとも等しく、環状陽極が配置された領域を超えて上流に延びる環状バッファチャンバとを備え、イオン化ガスを供給する第２手段が、陽極が設けられた領域とは異なる領域において、陽極の上流で環状バッファチャンバに開口したものであって、主チャネルに磁界を形成する手段は、チャネルの下流端で基本的に半径方向の磁界を生成するとともに、上記磁界はこの位置で最大誘導を有する一方、陽極近傍に位置する遷移領域において最小誘導を有し、上記磁界の誘導の絶対値はバッファチャンバの位置における陽極の上流で再び増加して磁気ミラー効果を生み出し、上記磁界は陽極とチャネルの下流端との間に下流に向かって凹部を持つことによりイオンを集中させるとともに、陽極の下流

の領域は最大イオン化密度を有し、磁界を形成する手段は、複数の別々の磁界形成手段と、主チャネルの両側でその外面と同一レベルに配置されるとともに中央磁心により互いに連結された半径方向に延びる平坦な内側及び外側磁極片と、ヨークと、主チャネルの外側で軸方向に配置された周辺磁気回路とを備え、ヨークは、陽極のすぐ近傍に位置するとともに環状バッファチャンバ内に貫通する半径方向部材からなり、環状バッファチャンバと主チャネルとの連通スペースが半径方向部材の間に形成されていることを特徴とする。

バッファチャンバの半径方向寸法は、主チャネルの半径方向寸法の１倍から２倍であるのが好ましい。

更に具体的には、別個の磁界形成手段は、主チャネルの下流側端部に近接してその周囲の外側に配置された第１手段と、磁気ミラー効果を生み出すため、陽極に面しかつ部分的にバッファチャンバに延在する領域において中央磁心の周囲に配置された第２手段と、該第２手段と主チャネルの下流側端部との間で中央磁心の周囲に配置された第３手段とを備えている。

ある実施例では、第１、第２、および第３磁界形成手段が誘導コイルによって構成されている。

特に、陽極とイオン化ガスマニホルドとの物理的分離のため、バッファチャンバが存在するため、および特定形態の磁界が確立されるために、本発明のプラズマ加速器は、次のような利点を呈する。

ａ）より効果的なイオン化により効率が高まる。

ｂ）イオン化プロセスが改善されるので、キセノン、アルゴンなど種々の推力ガスを容易にイオン化することが可能である。

ｃ）静電等電位が得られ、ジェットの拡散が軽減される。したがって、

ｃ１）衛星への組み込みが容易になる。

ｃ２）加速チャネルの摩耗が減少する。

更に詳しくは、陽極の上流の加速チャネル内とバッファチャンバの中央に特定形態の磁界が形成されることにより、

・プラズマの均質性が改善されるので、静電等電位線の歪みが加速領域におい

て減少し、壁部におけるイオン損失を抑え、ビームの集中が増大する

・イオンが生成される領域の局部化が改善されるので、イオンエネルギの拡散が減少する

・磁気ミラー効果により、陽極の上流で無形のプラズマ拘束が達成される。

磁界が、陽極近傍の最小値と加速チャネルの出口における最大値（約３０００e）との間で変化するので、イオン化の確率が最大となる領域が常に得られる。

バッファチャンバの幾何形状により、陽極の上流にプラズマを延長することができるとともに、磁気ミラー効果により保持することができる。

本発明によれば、中央磁心と周辺磁気回路との接続ヨークが陽極のすぐ近くに位置しており、環状バッファチャンバ内に入り込んでいるので、磁気回路全体の長さ、したがって質量を減少することが可能となり、中央磁心と周辺磁気回路との接続ヨークがバッファチャンバの上流に位置している配置に比べ、質量と寸法がかなり減少した加速器が実現できる。

主チャネルとの連通スペースを確保しつつバッファチャンバを貫通する接続ヨークは、様々な方法で実現することができる。

ヨークは、環状チャンバを貫通する円筒状磁気バーにより構成される半径方向部材を備えてもよい。

この場合、磁気バーは、二つの部分からなるシースにより電気的に絶縁された金属バーから構成され、上記二つの部分は主チャネルの壁とバッファチャンバの壁にそれぞれ取り付けられる。

ある特定実施例において、磁気バーはその円周方向外端で、加速器を衛星構造体に固定するための構造部材を構成する連続的な磁気リング（３６Ａ）により互いに連結される。

磁気バーを、上記中央磁心および主チャネルの軸方向外側に配置された上記周辺磁気回路をそれぞれ構成するフェライト部材により地面と電気的に絶縁された金属バーで構成し、磁気バーを陽極と同電位にすることもできる。

別の実施例において、磁気バーは、これらをバッファチャンバ内に直接取り付けることができる絶縁フェライト材料により構成される。

周辺磁気回路を、半径方向における外側磁極片とヨークとの間に設けられた1組の接続バーあるいは外殻により構成してもよい。

ヨークを、バッファチャンバと主チャネルの軸に実質的に垂直な面における半径方向に延在するバーで構成することもできる。

しかしながら、別の実施例においては、ヨークは、小断面端部が中央磁心に接続された截形円錐の母線に沿って半径方向に延在するバーからなり、上記截形円錐の大断面端部は周辺磁気回路に接続されるとともに、その軸が、バッファチャンバと主チャネルの軸と実質的に一致している。

更に別の特定実施例においては、ヨークは、小断面端部が中央磁心に接続され、大断面端部が周辺磁気回路を構成する外殻に接続された円錐台状のフェライト部材からなり、該円錐台状部材の軸方向に形成されたチャネルが、環状バッファチャンバと主チャネルとの間の連通スペースを構成している。

本発明は更に、バッファチャンバが複数の袋体を備え、該袋体が、陽極の近傍で加速チャネルに開口し、加速器の軸の周囲に配列されるとともに、仕切りで分離されており、該仕切りが、加速器の軸に平行で、袋状のバッファチャンバを貫通することなくヨークを構成する円筒状磁気バーの通路を隣接する袋体の間に形成しているプラズマ加速器に関する。

このようなバッファチャンバは一体的に形成することができる。

ある実施例によれば、イオン化ガスを供給する第2手段は、環状マニホルドを介して陽極の上流の環状バッファチャンバに開口している。

袋状バッファチャンバの場合、環状マニホルドは、袋状バッファチャンバの異なる袋体に開口する音速噴射口と協働している。

別の実施例によれば、イオン化ガスを供給する第2手段は、一つの音速噴射口を介して陽極の上流の環状バッファチャンバに開口するとともに、上記音速噴射口がバッファチャンバの最大径に沿って接線方向に取り付けられて渦を発生させる。

加速器の平均径がチャネル幅に対し大きい場合、特定実施例によれば、中空陰極は、中央円筒磁心の内部で加速器の軸に沿って配設されるとともに、超断熱ス

クリーンにより上記中央磁心から断熱される。

図面の簡単な説明

本発明の他の特徴および利点は、非限定的な例として取り上げ、次の添付の図面に関連して以下で示す特定の実施例の説明から明らかになる。

図１は、本発明の閉鎖電子ドリフトを持つプラズマ加速器の一例を示す軸方向半断面正面図である。

図２は、従来の閉鎖電子ドリフトを持つプラズマ加速器の一例を示す軸方向断面図である。

図３は、本発明のプラズマ加速器の構成要素の部分分解斜視図であり、二つの部分からなるシースにより電気的に絶縁された金属バーを有するヨークを示している。

図３ａは、絶縁されたバーが図３の実施例においてどのように実現されているかを示す詳細図である。

図４は、図１と同様な本発明のプラズマ加速器の軸方向半断面図であるが、支持プレートに対し異なる接続手段を有している。

図５は、本発明のプラズマ加速器の変形例の軸方向断面図であり、ヨークはフェライト製の接続バーを有している。

図６は、本発明のプラズマ加速器の変形例の軸方向断面図であり、接続バーを金属製、磁気回路の部分をフェライト製としたものである。

図７は、本発明のプラズマ加速器の特定実施例の軸方向断面図であり、接続ヨークは円錐状に配置されたバーで構成されている。

図８は、本発明のプラズマ加速器の特定実施例の軸方向断面図であり、接続ヨークは軸方向接続チャネルが形成された円錐外殻で構成されている。

図９は、本発明のプラズマ加速器の特定実施例の軸方向断面図であり、外径を増加させることなく、加速チャネルの円筒状延長部で構成されたバッファチャンバを備えている。

図１０は、本発明のプラズマ加速器の特定実施例の軸方向断面図であり、接線方向のガスインジェクタと関連した長さの短いバッファチャンバを備えている。

図１１は、図１０の面XI—XIに沿った半断面図である。

図１２は、本発明のプラズマ加速器の特定実施例の軸方向断面図であり、複数の袋体に分割されたバッファチャンバを有し、袋体の間には磁気バーが配設されている。

図１３は、一体的に形成されたバッファチャンバと図１２のプラズマ加速器に組み込まれる１組の磁気バーを示す分解斜視図である。

図１４は、本発明のプラズマ加速器の特定実施例の軸方向断面図であり、その加速チャネルは幅よりも大きい平均径を有し、中空円筒状に形成された中央磁極片の内部に中空陰極が配設されている。

特定実施例の詳細な説明

図１は、本発明の閉鎖電子ドリフトを持つプラズマ加速器２０の一例を示しており、絶縁材の１組の部材２２で環状チャネル２１を形成し、その上流部をバッファチャンバ２３によって構成される第１部分で、その下流部を加速チャネル２４によって構成される第２部分で形成したものである。

環状チャンバ２３の半径方向の寸法は、環状加速チャネル２４の半径方向の寸法の１倍から２倍とすることが望ましい。軸方向には、バッファチャンバ２３は加速チャネル２４より少し短くすることができ、その長さは、加速チャネル２４の半径方向の寸法ｄの約１倍から１．５倍とすることが望ましい。

陽極２５は、電線４３によってＤＣ電源４４（約２００Ｖないし３００Ｖ）に接続されており、加速チャネル２４の入口でバッファチャンバ２３のすぐ下流の領域において環状チャネル２１を形成する絶縁部材２２上に配設される。陽極２５に電力を送る電線４３は、バッファチャンバ２３を形成する絶縁材の部材２２３、２２４を貫通する絶縁管４５内に配置される。

キセノンなどのイオン化ガスを供給する管２６もまた、バッファチャンバ２３の端壁２２３を貫通し、バッファチャンバ２３の端部に配置した環状ガスマニホルド２７内に開口せしめられている。

１組の絶縁部材２２によって形成されたチャネル２１は、基本的には３つのコイル３１、３２、３３および磁極片３４、３５で構成される磁気回路内に配置さ

れる。

平坦な外側および内側磁極片３４、３５は、加速チャネル２４の外側の加速器の出口面に配置され、加速チャネル２４の下流開放部において、加速器２０の出口面５９と実質的に平行な磁力線を形成する。

磁極片３４、３５によって構成される磁気回路は、加速器の外周に基本的に円筒状に配置された接続バー３７および軸方向中央磁心３８によって閉じられる。強磁性材料の中央磁心３８および強磁性材料の接続バー３７は、強磁性材料の後部接続ヨーク３６に接触している。ヨーク３６は、実質的に半径方向に延在し、陽極２５に近接して配置される部材により構成されるとともに、バッファチャンバ２３を貫通しており、バッファチャンバ２３と環状チャネル２４との間には連通スペース１３６が形成されている。

絶縁部材２２と接続バー３７との間に、汚染防止あるいは放射線防止スクリーン３９を配置することもできる。接続バー３７およびスクリーン３９は、汚染防止スクリーンとして作用すると同時に、磁気回路を閉じるために作用する円筒形または円筒円錐形（cylindro-conical）の外殻に置換してもよい。

加速器の動作に必要な電子は、従来設計の中空陰極４０によって提供される。電線４２によって電源４４の負極に電気的に接続された陰極４０は、そこにキセノンなどのイオン化ガスを供給するための回路４１を備えており、これは加速チャネル２４の出口領域の下流に配置される。

中空陰極４０は実質的に基準電位にあるプラズマ２９を発生し、陽極２５と陰極４０の間の電位差のために、静電界Ｅの影響下で、電子はそこから陽極２５に向かって抽出される。

これらの電子は、電界Ｅおよび磁界Ｂの影響下で、加速チャネル２４内に方位ドリフト軌道を持つ。

一般的に、チャネル２４の出口における磁界は、１５０Oeないし２００Oeである。

１次電子は静電界Ｅによって加速され、低エネルギの２次電子を発生する絶縁体２２の壁に衝突する。

電子は、バッファチャンバ２３からのキセノン中性原子と衝突する。

このようにして形成されたキセノンイオンは、加速チャネル２４で静電界Ｅによって加速される。

電子があるので、加速チャネル２４内に空間電荷はない。

イオンビームは、中空陰極４０から来る少量の電子により中和される。

コイル３１～３３および磁極片３４、３５が配置されているので、半径方向の磁界の勾配を制御することにより、イオン加速機能を陽極２５に近い領域で得られるイオン化機能から分離することが可能になる。このイオン化領域は、部分的にバッファチャンバ２３内まで延ばすことができる。

本発明の加速器の重要な特徴は、イオン化領域の最適化を可能にするバッファチャンバ２３の存在にある。

従来の閉鎖電子ドリフトを持つ加速器では、イオン化のかなりの部分が中間部で発生する。イオンの一部は壁に衝突し、それによって壁は急速に磨耗し、スラスタの寿命は短くなる。バッファチャンバ２３は、半径方向のプラズマ濃度の勾配の低下を促進するとともに、加速チャネル２４の入り口における電子の冷却をも促進し、それによってイオンビームの壁への拡散を減少し、壁との衝突によるイオンの損失を回避する。これは、効率を高め、加速器の出口におけるビームの拡散を減少するという両方の効果を持つ。

本発明のモータの別の重要な特徴は、異なる寸法でもよい３つのコイル３１～３３を設けたことであり、これらを特定の部位に配置することにより磁界を最適化することができる。

かくして、第１コイル３１は主チャネル２４の下流側端部２２５付近で主チャネルの周囲および外側に配置される。第２コイル３２は、陽極２５に面する領域で中央磁心３８の周囲に配置され、部分的にバッファチャンバ２３の方にも延在せしめ、磁気ミラー効果を生み出すこともできる（図７および図８）。第３コイル３３は、中央磁心３８の周囲における第２コイル３２と主加速チャネル２４の下流側端部２２５との間に配置される。コイル３１、３２、３３は異なるサイズとすることができる。３つのコイル３１、３２、３３をうまく区別したことによ

り、従来の加速器に比べて、よりよく方向付けされた磁力線を形成する効果を果たし、それによって、よりよく方向付けられ、より平行なジェットを得ることが可能になる。

生成された磁界は、主加速チャネル２４の端部２２５において基本的に半径方向に存在し、この位置で最大の磁気誘導を有する。磁界は、陽極近傍で最小値を有し、この最小値は０の場合もある。磁界の絶対値は、特にバッファチャンバ２３内で陽極２５の上流に向かって再び増加する。磁界のこのような形態は磁気ミラー効果を生み出し、プラズマのバッファチャンバ２３への伝播を防止する。

変形例では、磁界を形成するためのコイル３１～３３を、少なくとも部分的に、加速器の動作温度より高いキュリー点を持つ永久磁石に置換することができる。

環状コイル３１はまた、円辺磁気回路を構成する様々な異なる接続バー３７の周囲に配置された１組の個々のコイルと置換することもできる。

磁極片３４、３５、中央磁心３８、バー３７、およびヨーク３６によって構成される磁気回路の材料は、軟鉄、超純鉄、または高い透磁率を持つ鉄―クロム合金とすることができる。

例えば、磁極片３４、３５は軸方向に約２０ミリメートルとすることもできる。

各コイル３１、３２、３３のアンペアターン数、およびこれらのコイルのそれぞれの長さと直径の比率は、基本的に半径方向の磁界が加速チャネルで形成されるように決定されるとともに、最大の磁界が加速器の出口面５９に位置し、出口２２５付近のその磁力線が基本的に出口面５９と平行になり、陽極２５付近のその磁力線が基本的にこの領域における推力ガスのイオン化を促進するように配置される。

バッファチャンバ２３と１組の異なるコイル３１、３２、３３を組み合わせた本発明のイオンスラスタは、５０％ないし７０％台の電気効率を達成することを可能にし、以前から知られていたシステムより平均で約１０％ないし２５％の改善を可能にした。

さらに、本発明の実施例において、出口で得られたジェットはほぼ円筒形で、

イオンジェットの拡散は約±９度という非常に小さいものであった。かくして、

８０㎜の外径を持つ加速チャネルを使用すると、出口面５９から測定した加速器の外側８０㎜の距離において、９０％のエネルギが加速チャネルの直径内に集中した。

一般に、本発明の加速器は、より大きい推力密度（例えば、単位面積当たり１ｍＮ／ｃｍ^2ないし２ｍＮ／ｃｍ^2台の推力密度）を可能にする。したがって、優れた効率をも達成しながら、所定の推力に対し、より小型でより軽量の加速器を提供することが可能になる。

寿命に関しては、公知の加速器は約３０００時間の寿命である。

対照的に、本発明のプラズマ加速器は、より円筒状に近いイオン化ジェットによりチャネル２４の摩食が減少するために、少なくとも５０００時間ないし６０００時間の寿命を得ることができる。

本発明のプラズマ加速器は多くの変形例が可能である。

図１に示される例では、磁気回路は、外側磁極片３４、内側磁極片３５、磁心３８、接続ヨーク３６、および軸方向の強磁性バー３７を備えており、強磁性バー３７を、接続ヨーク３６の一部を構成するとともに、衛星の加速器として使用する際アセンブリプレートに直接固定するのに適した外側リング３６Ａまで延在せしめたので、加速器の重心に非常に近い位置に固定部を設けることができ、振動性能が改善している。また、図１に示されるように、加速器はアセンブリプレートに非磁性円筒外殻６９で連結されるので、この外殻はアセンブリインターフェースを構成している。

中央磁心３８と軸方向の強磁性バー３７との間の接続ヨークは、主チャネル２４と陽極２５のすぐ上流でバッファチャンバ２３を貫通する強磁性材料の半径方向のバー３６で構成されており、図３に明確に図示されているように、バッファチャンバ２３と主チャネル２４との間を連通させるための大きな連通スペース１３６が形成されている。

バー３６の数は、例えば３本から９本の範囲とすることができる。外側リング３６Ａはワッシャ状に形成されており、バー３６と一体的に形成してもよい。

図1、3、3Aの実施例に示されるように、バー36は絶縁シース141、142により電気的に絶縁される。シース141、142は、主チャネル24の壁22とバッファチャンバ23の壁224にそれぞれ取り付けられた二つの部分141、142で構成するのが好ましい。更に詳述すれば、図3および図3Aに示される実施例において、バー36の断面は半円筒形で、シース141はバー36の半円筒形状に適した断面を有する一方、シース142は平坦状で、バー36の平坦面を覆っている。

図4は変形例の軸方向の半断面斜視図を示しており、バー36は半径方向のアームで構成されるとともに、このアームはその外側をリング36Aにより互いに接続されていない。様々な軸方向のバー37が半径方向のバー36の外側端部に直接接続されている。各バー36はまた、衛星に取り付けるためのベースプレート145にスペーサ146により接続されている。中央磁心38自体は、ベースプレート145の延長部147により保持されている。

簡略化のため、図3、図4および図5ないし図8には、陽極25の電気供給手段等の図1に示される様々な部材は示されていない。

図5の実施例において、軸方向のバー37は強磁性材料の外殻37aにより置換されている。半径方向のバー36はそれ自身、電気的に絶縁する軟質フェライトでできている。したがって、このバー36は、図1、3および4の実施例のように、絶縁シース141、142によって覆う必要がない。バー36を軟質フェライト製とすると、静電界はバー36の近傍で乱れることがない。

同じような膨張係数を有するセラミックとフェライトを選択した上で、ガラスシーラントあるいはセメントを使用して、バー36と主チャネル24の絶縁セラミック壁22との間をシールするようにしてもよい。

例えば、図5に示される特定形状では、フェライト製の7本の半径方向円筒バー36により、外殻37aと中央磁心38との間で磁気回路を閉じている。

図6の実際例においては、接続バー36は強磁性金属でできているが、絶縁シースに覆われていない。対照的に、中央磁心38と、磁気回路の軸方向における外側部分を構成する（バー形状あるいは外殻形状の）部材37bは電気絶縁フェ

ライトでできている。

このような状況で、金属バー３６を陽極と同じ電位としてもよく、この場合、陽極２５としてあるいは別の陽極として作用する。

図７は、半径方向の接続バー３６は加速器の軸に垂直な面には配置されておらず、底面が加速器の下流端に向いた円錐の母線に沿って配置された実施例を示している。円錐の底面はしたがって、磁気回路の軸方向における外側部分を構成する外殻３７ａによって形成されるとともに、円錐の先端あるいは截形円錐の小断面はバソファチャンバ２３を介して中央磁心３８に接続されている。この実施例により、バッファチャンバ２３と主チャネル２４との連結部の近傍に長いコイル３２を配設することが可能となる。

図８は、接続ヨーク３６が個々のバーではなく、フェライトの円錐部材で構成された実施例を示しており、円錐部材の大きな底面は加速器の下流端に向けられて、磁気回路の軸方向外側部分を構成する円筒外殻３７ａに接続される一方、その先端は中央磁心３８に接続され、円錐部３６は陽極２５の上流のバッファチャンバ２３を貫通している。バッファチャンバ２３はしたがって、円錐部３６を軸方向に貫通するチャネル１３６を介して連通する二つのキャビティに細分されている。チャネル１３６の数あるいは断面は十分に大きく、ガス流に対する抵抗は無視できる。

図７の実施例と同様、接続ヨーク３６を陽極２５の上流のバッファチャンバ２３を貫通する円錐状にしたので、バッファチャンバ２３と主チャネル２４との連結部の近傍に比較的長いコイル３２を配置することが可能となる。

図９は本発明のプラズマ加速器を示しており、バッファチャンバ２３は加速チャネル２４の円筒状延長部を構成している。この場合、バッファチャンバ２３の横方向寸法と外形は、加速チャネル２４と同じである。

バッファチャンバ２３と加速チャネル２４を順次有する環状チャネル２１は、１組の部材２２２，２２３，２２４により形成されており、その壁部２２４の外面には、取付フランジ１４５に取り付けるためのフランジ３２３が加速器の軸に垂直に設けられ、磁気回路の軸方向の外側部分を構成する外殻３７ａが取付フラ

ンジ１４５と当接している。加速器が衛星の支持構造に固定される取付面が基準面２４５となっている。

図９の加速器の構造の他の部分は、例えば図５の実施例と同じもよい。しかしながら、イオン化ガスを供給する環状マニホルド２７は、バッファチャンバ２３と加速チャネル２４とを形成する内部部材２２２の近傍でバッファチャンバ２３の底部２２３の近くに配設するのが好ましい。

図１０及び図１１は本発明のプラズマ加速器を示しており、バッファチャンバ２３の長手方向の長さは短く、加速チャネル２４の横方向の寸法よりも僅かに短い。

この場合、環状マニホルド２７を、ガスをバッファチャンバ２３内に接線方向に導入する音速噴射口を有する接線方向のガスインジェクタ２２７と置き換えることにより、バッファチャンバ２３の長手方向の長さが短いにもかかわらず、ガス流を均一化する渦効果が発生する。図１０及び図１１の加速器の他の部分は、例えば図６の実施例と同様に構成してもよいので、その説明はしない。

図１２は、本発明のプラズマ加速器の特定実施例を示しており、バッファチャンバ２３は図１３の斜視図で示されるように、複数の袋体を持ち、この袋体は、陽極２５の近傍で加速チャネル２４に開口するとともに、加速器の軸の周囲に配列され、加速器の軸に平行な仕切りにより分離されている。モータの軸に基本的に平行な仕切りには、隣接する袋体との間に、ヨークを構成する磁気バー３６の通路４２３が形成されている。この場合、一体的に形成され、例えばガラスあるいは石英のブロー成形により製作されるバッファチャンバ２３を、磁気バー３６は物理的に貫通することはない。バッファチャンバ２３はある程度バーの周囲に成形してもよく、ブロー成形ではなく金型で製作することもできる。袋状のバッファチャンバ２３の壁部２２３は、加速チャネル２４の円筒部２２の材料と異なる材料で製作される。袋状のバッファチャンバ２３の壁部２２３の下流端と陽極２５を支持する環状チャネル２１の壁部２２の上流端との連結部は基準面５２３となっている。

環状マニホルド２７は、バッファチャンバ２３の壁部に前以て取り付けてもよ

い。環状マニホルド２７は、袋状のバッファチャンバ２３の異なる袋体に開口する音速噴射口１２７と協働している。図１２からわかるように、環状マニホルド２７自体がバッファチャンバ２３の下流に位置しているので、噴射は上流端に向かって行なうのが好ましい。イオン化ガスの好ましい噴射は、陽極２５の上流のある位置で常に行われる。

バッファチャンバ２３は、例えば3個ないし9個の袋体を備え、磁気バー３６は通路４２３内に配設されるとともに、磁気バーの数は袋体の数に等しい。

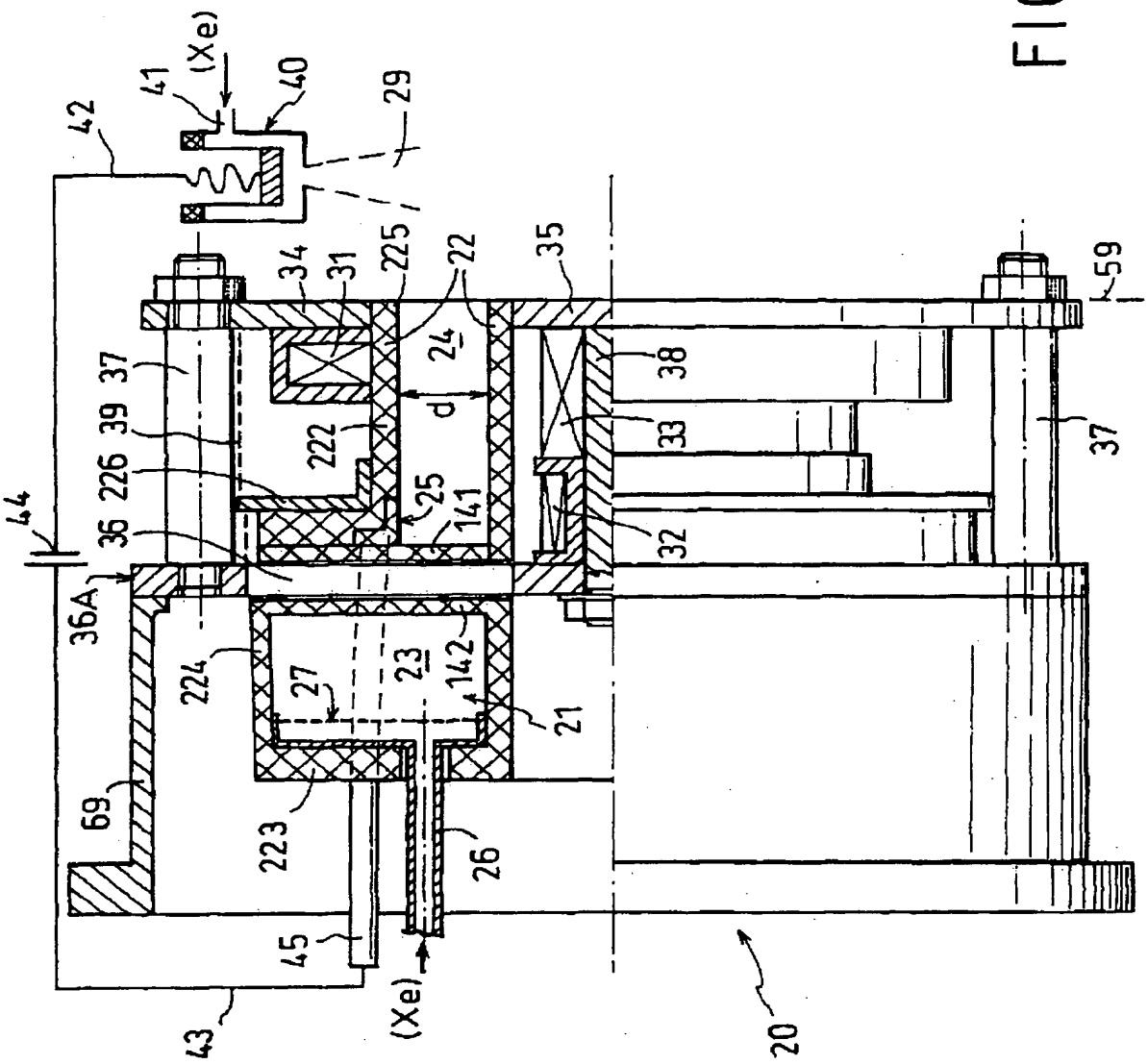
部材３６，３８，３５及びコイル３２，３３で構成される磁気回路は、バッファチャンバ２３の後部より入れることができる。

図１４は、プラズマ加速器に適用される本発明の特定実施例を示しており、この実施例の加速チャネル２４は、チャネル幅よりも平均径が重要である。この場合、中央磁極片３８は円筒状に形成され、モータ軸に沿って配設される中空陰極４０を挿入する自由空間が中央に設けられている。コイル３２，３３が陰極４０により過熱されないように、例えば円錐状で下流端が開口した超断熱スクリーン１４０が陰極４０の周囲に配設されており、陰極４０のビームは自由空間に向かってのみ広がりうる。陰極４０は、機械的支持手段２４０により円筒状の中央磁極片３８に対し特定の位置に保持されている。

図１２及び図１４は、バー３６と外殻３７ａとの間の接続部近傍に配設され、加速器を衛星に取り付けるための取付フランジ１４５を示している。

上記実施例のすべてにおいて、磁気回路をバッファチャンバ２３の上流の加速器端部に到達しないようにしたので、操作を妨げることなく加速器の全長および質量を減少することができる。

【図１】


FIG_1
(Xe)
41
40
29
42
34
31
225
22
35
59
37
38
39
24
d
222
33
226
25
141
32
44
36
36A
224
27
23
142
21
69
223
26
45
(Xe)
43
20

【図２】

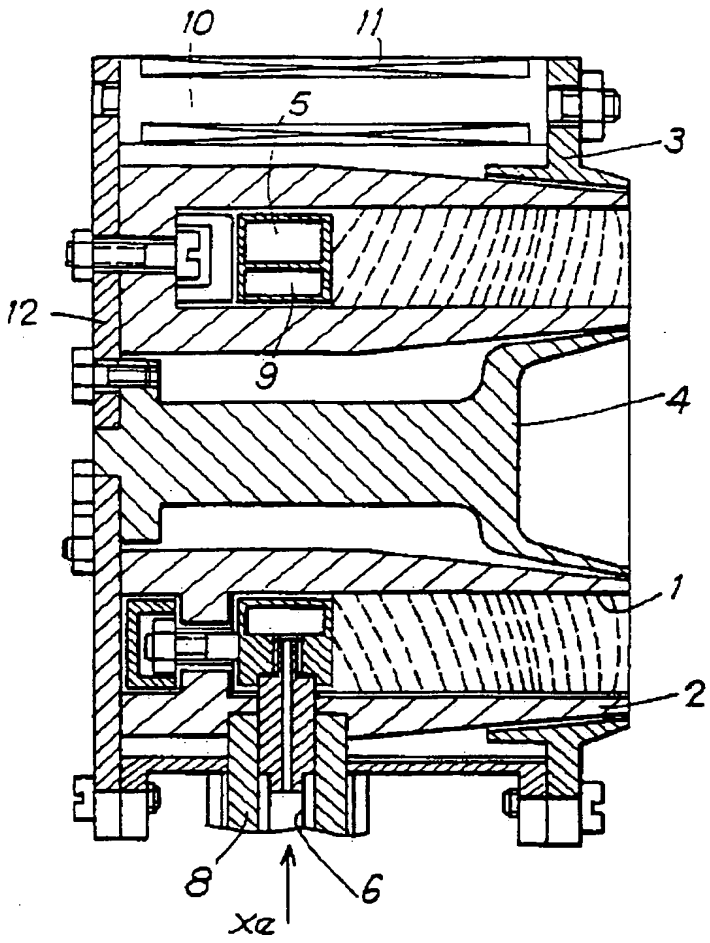
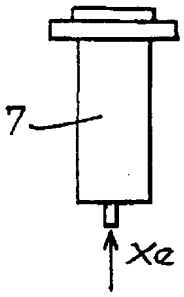


FIG_2



【図４】

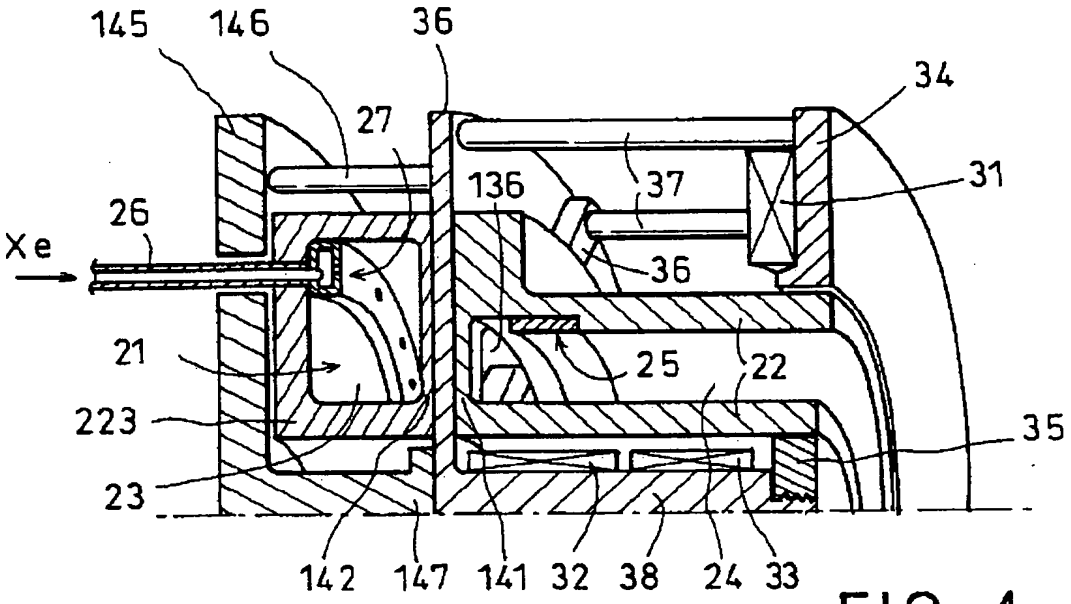

145
146
36
34
27
136
37
31
26
Xe
36
21
25
22
223
35
23
142
147
141
32
38
24
33

FIG_4

【図３】

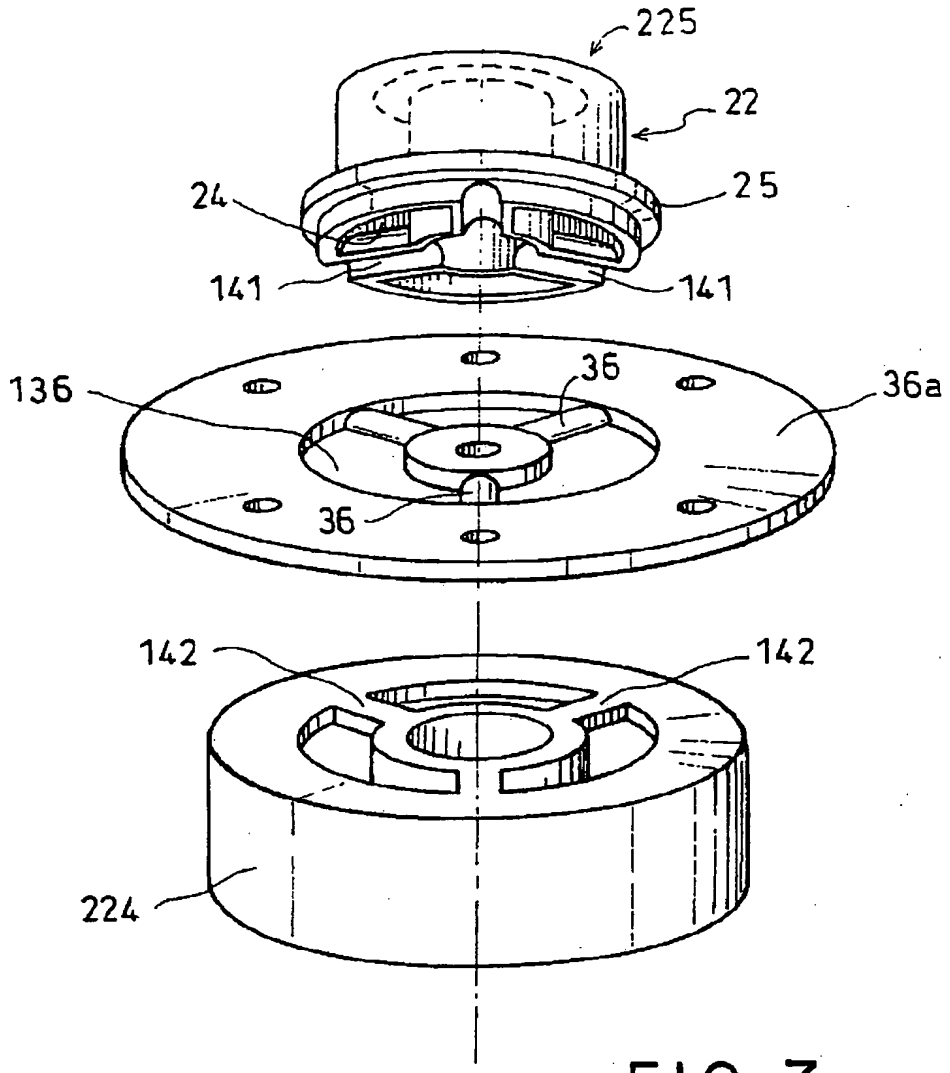


FIG_3

【図３Ａ】

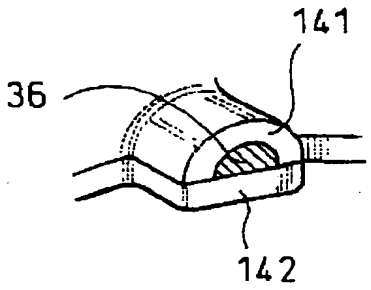


FIG_3A

【図５】

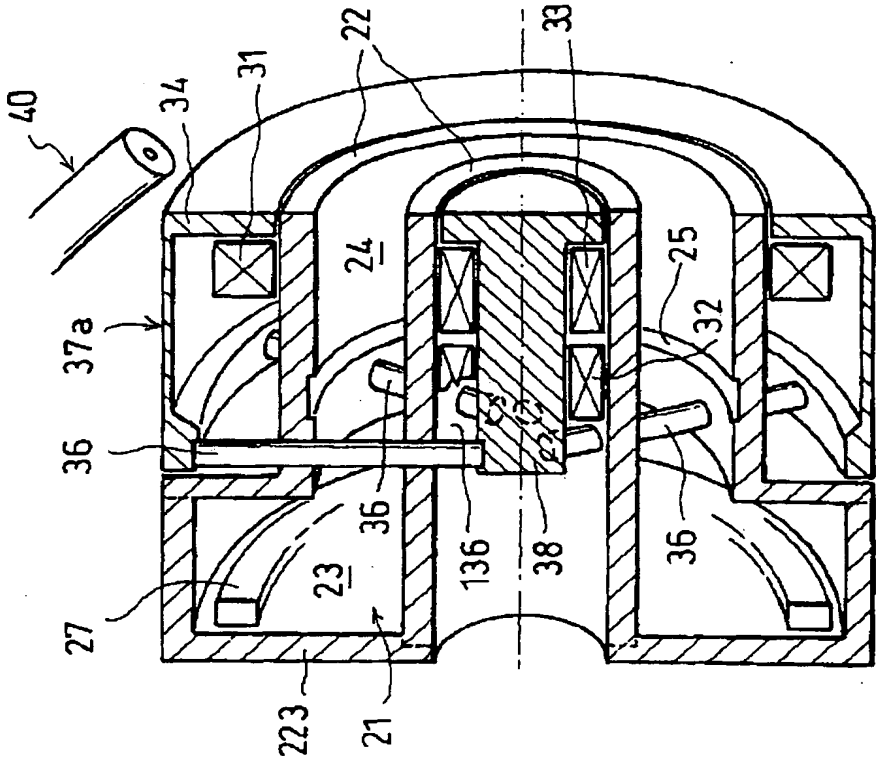


FIG_5

【図６】

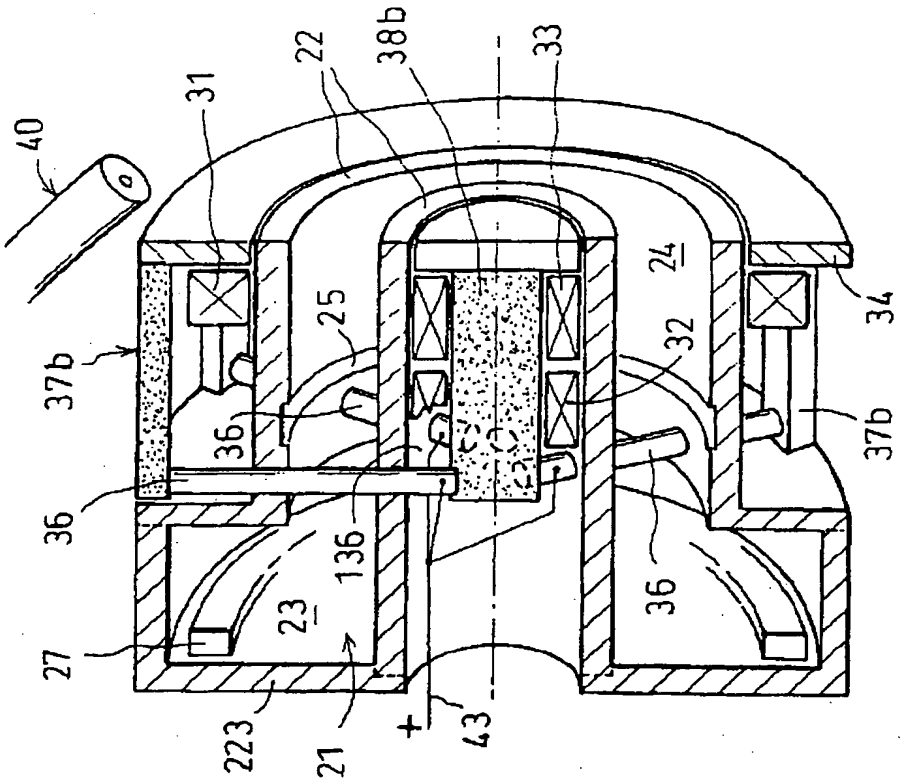


FIG_6

【図７】

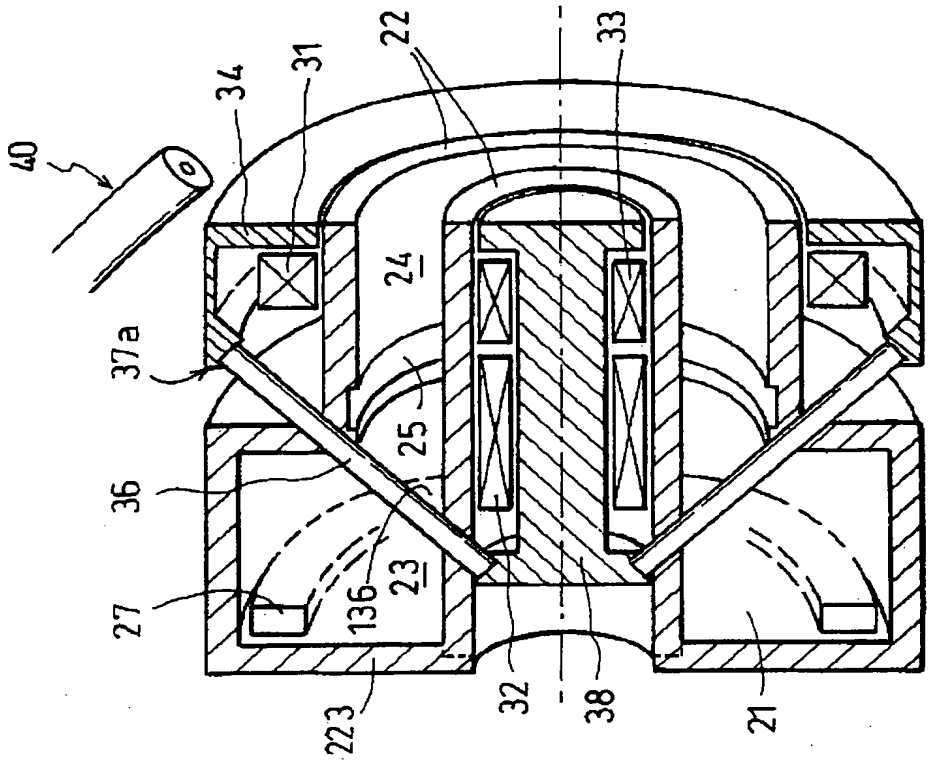


FIG_7

【図８】

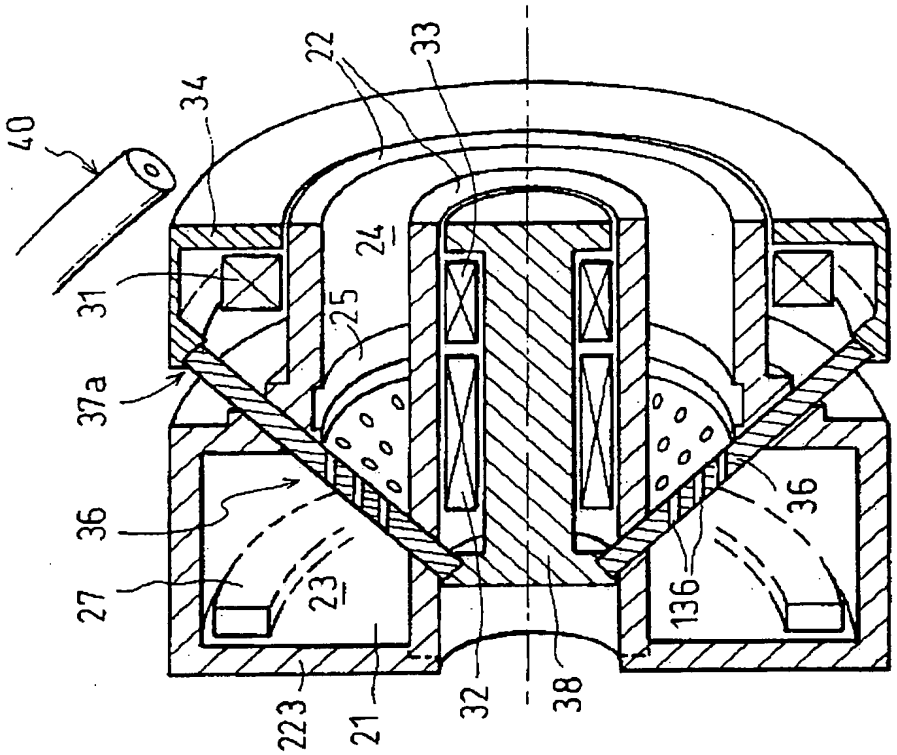


FIG_8

【図９】

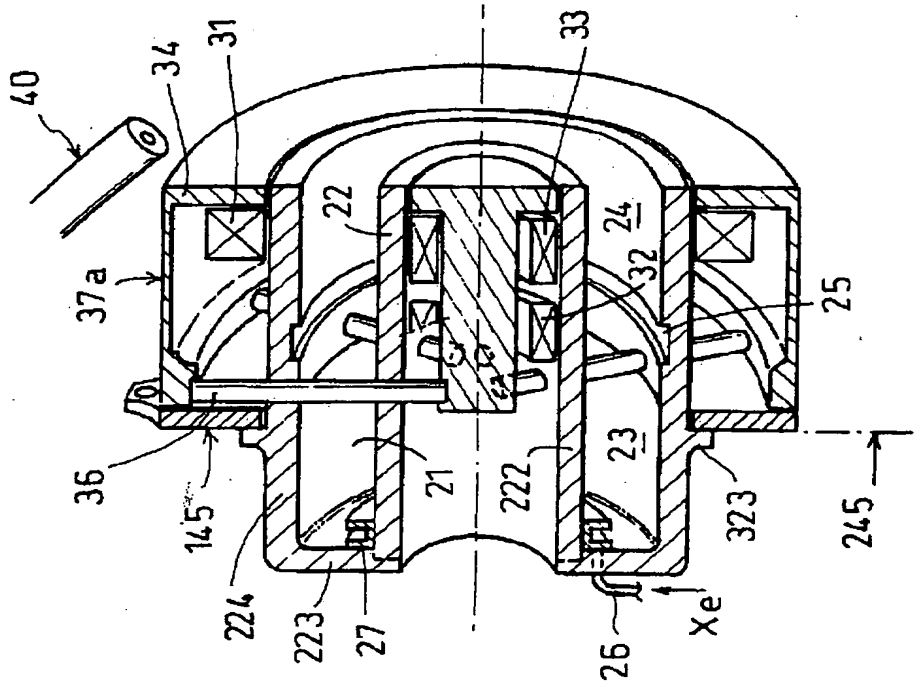


FIG_9

【図１４】

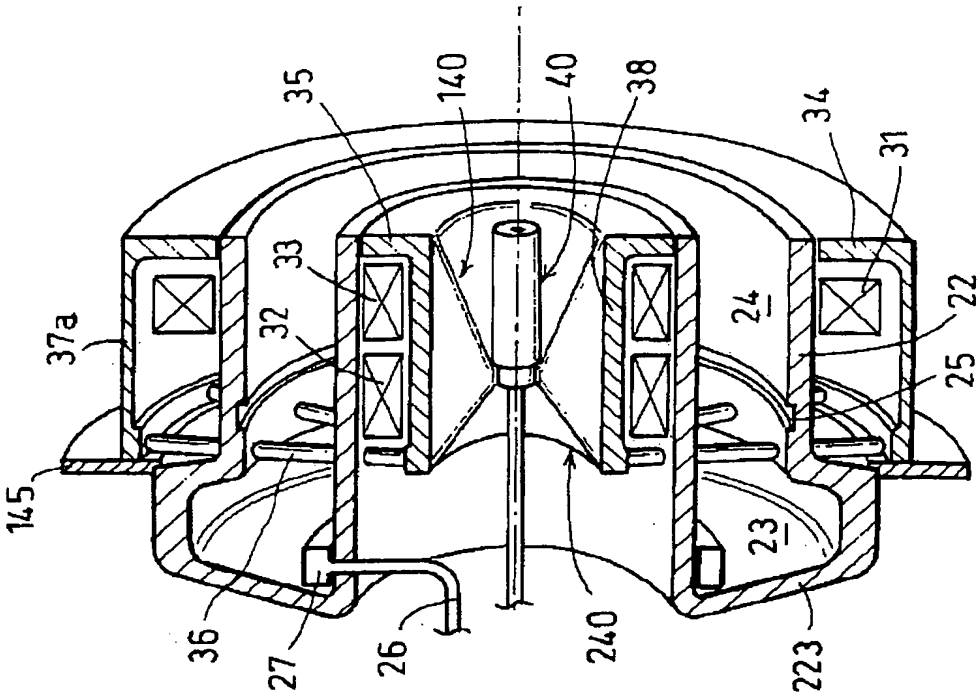


FIG_14

【図１０】

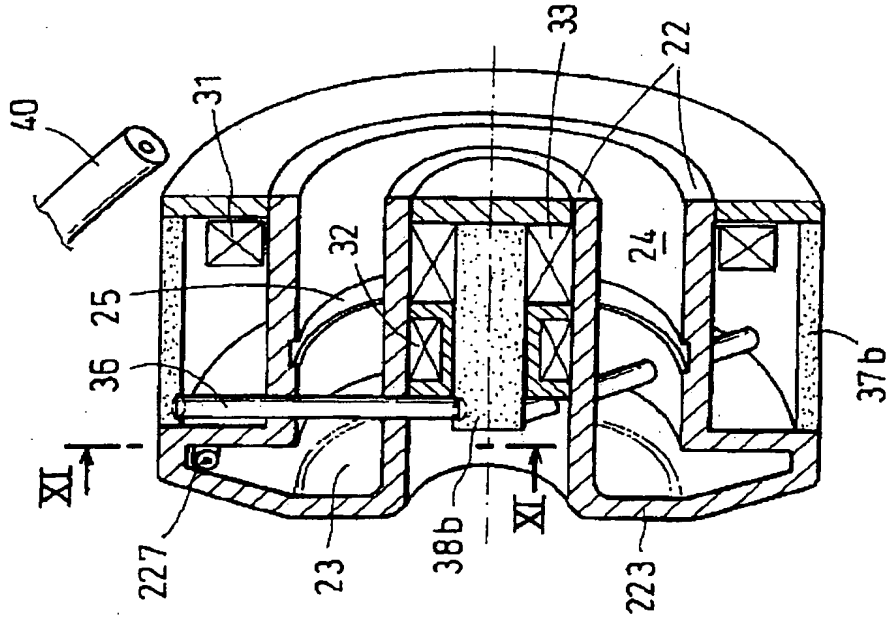


FIG_10

【図１１】

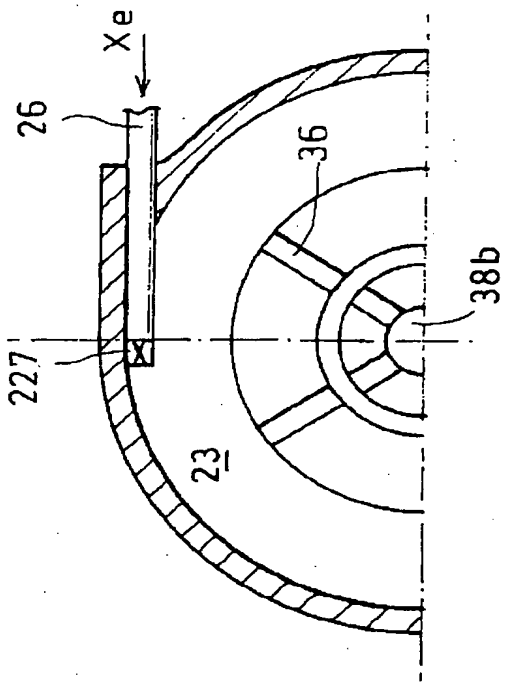


FIG_11

【図１２】

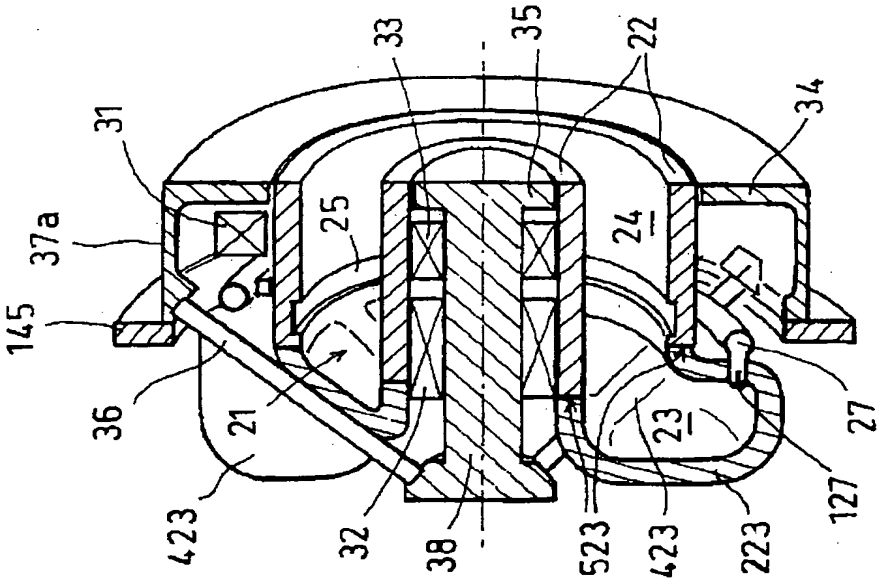


FIG_12

【図１３】

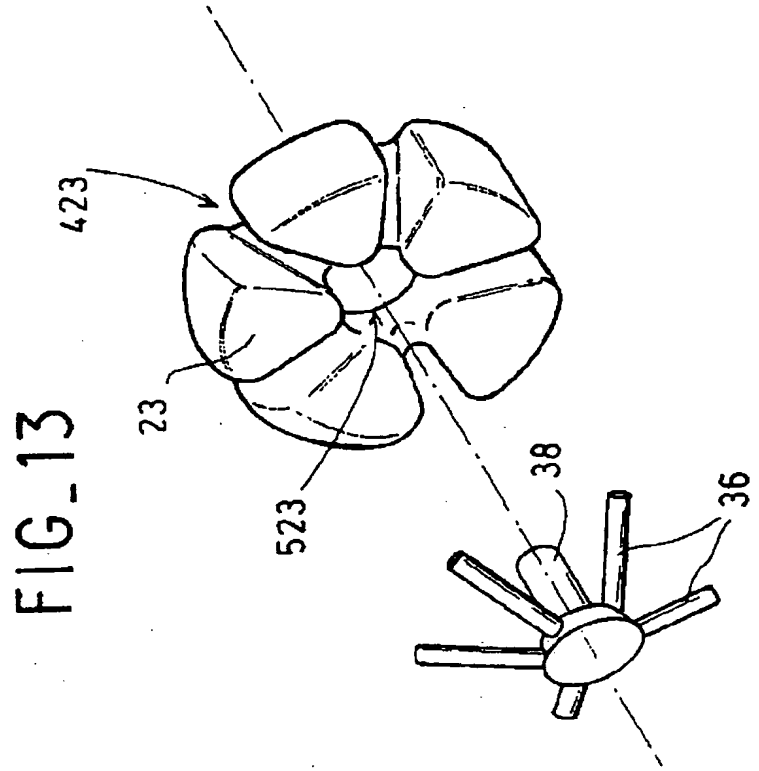


FIG_13

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter al Application No
PCT/FR 93/00612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 5 F03H1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 5 F03H H05H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SOVIET PHYSICS TECHNICAL PHYSICS vol. 21, no. 8 , August 1976 , NEW YORK US pages 987 - 988 DEM'YANENKO ET AL. 'Open single-lens Hall-current accelerator' cited in the application see page 987, paragraph 1-2; figure 1	1,3,4
A	SOVIET PHYSICS TECHNICAL PHYSICS vol. 23, no. 9 , September 1978 , NEW YORK US pages 1055 - 1057 BISHAEV ET AL. 'Local plasma properties in a Hall-current accelerator with an extended acceleration zone' see page 1057, left column, paragraph 1 see figure 1	1,3,4

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C. [X] Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 February 1994	23.02.94
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Authorized officer Capostagno, E

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inten ual Application No
PCT/FR 93/00612

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 541 309 (ARKHIPOV ET AL.) 12 May 1993 see column 1, line 49 - column 2, line 32 see column 3, line 52 - line 56 see column 4, line 46 - line 57 see figures 1-2 -----	1,4,17, 18,20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Inter ial Application No
PCT/FR 93/00612

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0541309	12-05-93	NONE	

フロントページの続き

(72)発明者　ブグロワ、アントニーナ
ロシア　129041　モスクワ、アバルトマン
311、ドゥズィエムマン・クレストフスキ
ー　８番

【要約の続き】
部材からなり、環状バッファチャンバ（２３）と主チャネル（２４）との間に連通スペース（１３）が形成されている。

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☑ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.